Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 31-47

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۴۷-۳۱

اثر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها

خالد عبدالله‌پور[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2]، سرور خرم‌دل[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) در سری‌های افزایشی، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل کشت مخلوط افزایشی ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله، ۵۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله، ۷۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله، ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و کشت خالص هر دو گونه بودند. نتایج نشان داد که تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول/غلاف در بوته، تعداد دانه در کپسول/غلاف، عملکرد تک بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برای هر دو گونه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت. با افزایش نسبت سیاه‌دانه در کشت مخلوط، عملکرد دانه و بیولوژیکی آن افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین (۲۹۱ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه از کشت خالص و کمترین (۱۰۷ کیلوگرم در هکتار) میزان آن در تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله حاصل شد. همچنین تیمار کشت خالص شنبلیله دارای بالاترین (۶۵۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه بود. در کلیه نسبت‌های مخلوط LER بالاتر از یک بود و تیمار ۷۵٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله با LER=۱/۲۴ در بالاترین سطح قرار گرفت که این امر نشان‌دهنده افزایش کارایی و سودمندی زراعی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گیاه شنبلیله و سیاه‌دانه نسبت به کشت خالص آن‌ها است.

واژه‌های کلیدی: سری‌های افزایشی، گیاه دارویی، نسبت برابری زمین

مقدمه

بوم‌نظام‌های‌کشاورزی، نظام‌های مدیریت شده‌ای هستند که در آن‌ها فرآیندهای زیستی کنترل‌شده و تحت تاثیر شرایط اقتصادی و اجتماعی دست‌کاری می‌شوند (Vafabakhsh *et al*., 2007). این امر سبب شده تا نظام‌های کشاورزی رایج به گونه‌ای طراحی شوند که تنوع گیاهی موجود را به حداقل ممکن کاهش داده و باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها و کاهش کیفیت محصولات زراعی به‌ویژه گیاهان دارویی شوند (Geno and Geno, 2001). راهبردهایی که هدف آن‌ها مقابله با این مشکلات فزاینده می‌باشند به‌عنوان «کشاورزی پایدار» شناخته می‌شود (Ghorbani *et al*., 2010) که یکی از رهیافت‌های رسیدن به آن، افزایش تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی با به‌کارگیری مخلـوطی از گیاهان، از گونه‌ها و ارقام مختلف می‌باشد (Tsubo *et al*., 2001).

نظام‌های مخلوط از طریق افـزایش تنوع و پیچیدگی منجر به افزایش پایداری و ثبات در نظام‌های زراعی می‌شوند (Zhang and Li, 2003). از جمله مزایای این سیستم کشت می‌توان به افزایش عملکرد در واحد سطح (Boyie jalloh, 2009) افزایش بهره‌وری منابع (Singh and Manna, 2001; Banik *et al*., 2006) ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب (Aggarwal *et al*., 1992) افزایش کمیت و کیفیت محصول (Putnam and Allen, 1992) افزایش کارایی مصرف آب (Mazaheri, 1993; Morris *et al*., 1990) و کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌ها و جلوگیری از فرسایش خاک (Jahan, 2004; Koocheki *et al*., 1995) اشاره کرد. در این بین کشت مخلوط بقولات با غیربقولات یکی از روش‌های بالقوه کاهش مصرف نهاده‌ها و به‌ویژه کود نیتروژنه است (Fujita *et al*., 1992).

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی دارویی از تیره لگومینوز، که قادر به تثبیت زیستی نیتروژن می‌باشد. این گیاه در درمان بیماری‌هایی مانند دیابت، یبوست، سوءهاضمه و کاهش کلسترول خون کاربرد دارد (Yadav *et al*., 2004).

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) نیز گیاهی دارویی از تیره آلاله می‌باشد و دانه‌های این گیاه ۳۰ تا۴۰ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین و ۰/۵ تا ۱/۵ درصد اسانس دارد (D'Antuono *et al*., 2002). از خواص دارویی آن می‌توان به خاصیت ضد سرطانی، ضد حساسیت، ضد دیابت، ضد فشار خون، بیماری‌های قلبی عروقی، خاصیت ضد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه اگروتکنولـوژی، دانشـکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i1.71335

فسادپذیری، ضد باکتریایی و خاصیت افزایش ایمنی بدن در برابر بیماری‌ها اشاره نمود (Ghosheh *et al*., 1999; Zargari, 1997).

تحقیقات زیادی بر روی گیاه دارویی سیاه‌دانه در شرایط کشت مخلوط با گیاهان مختلف انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد در واحد سطح (Rostaei *et al*., 2014; Naghipoor Dehkordi *et al*., 2015). بهره‌مندی از نیتروژن تثبیت‌شده توسط گیاهان لگومینوز و کنترل علف‌هرز (Rezvani Moghaddam *et al*., 2009; Koocheki *et al*., 2014). افزایش اسانس (Gholinezhad and Rezaei- Chiyaneh, 2014; Rezaei-Chiyaneh and Gholinezhad, 2015). علاوه بر این موارد، نسبت برابری زمین در تمام آزمایش‌های انجام شده بالاتر از یک گزارش شده که این امر نشان از سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. محققان زیادی با به‌کارگیری گیاهان تیره لگومینوز در کشت مخلوط به تاثیر مثبت آن بر عملکرد کمی و کیفی گونه‌های همراه اذعان نموده‌اند (Rezvani Moghaddam *et al*., 2009; Koocheki *et al*., 2014).

در کشت مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل جالیز (*Orobanche ramose* L.) به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. محققان دلیل این امر را به ترشح مواد آللوپاتیک از ریشه گیاه شنبلیله و تأثیر آن بر گل جالیز ذکر کردند (Fernandez-Aparicio *et al*., 2008). در بررسی کشت مخلوط رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) و شنبلیله، کشت مخلوط این دو گیاه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه‌ی رازیانه در مقایسه با تک‌کشتی شد (Kumar *et al*., 2006).

قلی‌نژاد و رضایی چیانه (Gholinezhad and Rezaei- Chiyaneh, 2014) در کشت مخلوط شنبلیله و شوید (*Anethum graveolens* L.) گزارش کردند که بیشترین درصد اسانس (۳/۱ درصد) از کشت مخلوط نواری دو ردیف شوید + دو ردیف شنبلیله و کمترین مقدار آن (۲ درصد) از کشت خالص حاصل شد. رضازاده و همکاران (Rezazadeh *et al*., 2015) بیان کردند که افزایش تراکم در گیاه شنبلیله در مخلوط با گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) باعث دفع هرچه بهتر آفات و در نتیجه کاهش وزن میوه آفت‌زده گردید، در حالی‌که نسبت‌های پایین کشت مخلوط با شنبلیله باعث کاهش وزن میوه بیمار شد. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al*., 2016) در کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) با لوبیا عنوان کردند که در نسبت‌های مخلوط تراکم و وزن خشک علف هرز نسبت به کشت خالص هرکدام از گونه‌ها کاهش معنی‌داری را نشان داد. در بررسی دیگری روی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله گزارش شد اگرچه نسبت برابری زمین بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، با این‌وجود تمام نسبت‌های کشت مخلوط زنیان و شنبلیله نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک داشتند که نشان‌دهنده‌ی برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است (Mirhashemi *et al*., 2009).

امروزه مشخص شده مقدار عملکرد سیستم کشت مخلوط می‌تواند بیش از تک‌کشتی باشد، ولی این بدان معنا نیست که کاشت هر نوع گیاهانی به‌صورت مخلوط الزاماً باعث اضافه محصول می‌شود، بلکه می‌بایست با انتخاب نوع گیاهان در ترکیب جدید مخلوط میزان رقابت آن‌ها را کاهش داده و در نتیجه امکان استفاده بهتر از از عوامل محیطی رشد را فراهم نمود (Mazaheri, 1987). به‌طور کلی، بررسی عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همیاری و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم کاشت و نسبت اختلاط) می‌باشد (Nachigera *et al*., 2008).

با توجه به این‌که تولید گیاهان دارویی ارگانیک که عاری از هرگونه مواد شیمیایی باشد تضمین‌کننده سلامت و ایمنی محصولات و داروهای تولید شده از آن‌ها می‌باشد، کشت مخلوط گیاهان دارویی با سایر گیاهان می‌تواند از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در این راستا مؤثر باشد (Koocheki *et al*., 2014). همچنین از آن‌جایی‌که تراکم در واحد سطح از جمله عواملی است که توان رقابتی گیاهان در کشت مخلوط را در جذب نور، آب و مواد غذایی تحت تأثیر قرار می‌دهد و موجب افزایش سودمندی کشت مخلوط می‌گردد (Bigonah *et al*., 2014)، این آزمایش نیز با هدف تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط افزایشی شنبلیله و سیاه‌دانه در مقایسه با کشت خالص، در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا، ۹۸۵ متر) اجرا شد. خصوصیات فیزیکی و شمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار در زمینی به ابعاد ۱۴×۲۱ متر انجام شد. تیمارها شامل ۱۰۰٪ شنبلیله + ۲۵٪ سیاه‌دانه، ۱۰۰٪ شنبلیله + ۵۰٪ سیاه‌دانه، ۱۰۰٪ شنبلیله + ۷۵٪ سیاه‌دانه و ۱۰۰٪ شنبلیله + ۱۰۰٪ سیاه‌دانه بر اساس سری‌های افزایشی و کشت خالص هر دو گیاه بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)
لوم سیلتی	7.7	1.71	0.068	0.68	47.3	355

عملیات آماده‌سازی زمین به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها، خرد کردن گیاهان موجود و مخلوط کردن آن‌ها با خاک، اصلاح بستر بذر و از بین بردن علف‌های هرز شامل دیسک، لولر و فاروئر در اوایل اردیبهشت ماه انجام شد. سپس کرت‌هایی به طول ۴ متر و عرض ۳ متر ایجاد شد که هرکرت شامل ۶ ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بین کرت‌ها یک پشته نکاشت و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده از باغ اکولوژیک گیاهان دارویی و معطر مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی تهیه شد.

عملیات کاشت هر دو گونه هم‌زمان در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه و به روش خشکه‌کاری با ایجاد شیارهایی در طرفین پشته انجام شد. تراکم مورد نظر برای سیاه‌دانه ۲۰۰ بوته در متر مربع (Rezvani Moghaddam and Ahmadzadeh Motlagh, 2007) و برای شنبلیله ۴۰ بوته در متر مربع (Seghat Aleslami and Amadi Bonakdar, 2010)در نظر گرفته شد. به‌منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کاشت اولین آبیاری و در دو هفته اول با فاصله پنج روز و سپس تا پایان فصل رشد به فاصله هر هفت روز یک‌بار انجام شد. شنبلیله و سیاه‌دانه به‌ترتیب در تاریخ ۵ و ۱۰ خرداد ماه در مرحله ۴-۶ برگی برای رسیدن به تراکم مطلوب و با توجه به تیمارهای اعمال شده به صورت دستی تنک شد.

در طول فصل رشد از هیچ نوع کود و سموم شیمیایی استفاده نشد. کنترل علف‌های هرز پس از اولین آبیاری به‌صورت دستی انجام گرفت و با توجه به این‌که سیاه‌دانه از رقابت ضعیفی با علف‌های هرز برخوردار است این امر تا پایان فصل رشد بر حسب ضرورت انجام شد. در پایان فصل رشد، قبل از برداشت نهایی برای سیاه‌دانه در تاریخ ۲۵ مرداد و شنبلیله نیز در تاریخ ۱۰ شهریور ماه از هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی برای تعیین اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول/غلاف پر در بوته، تعداد دانه در کپسول/غلاف، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، برداشت شد.

عملیات برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد دانه و بیولوژیکی (بر حسب گرم بر متر مربع)، از نیمه دیگر کرت پس از حذف دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از انتهای هر ردیف به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، برای سیاه‌دانه و شنبلیله به‌ترتیب در تاریخ ۲۵ مرداد ماه و ۱۰ شهریور ماه از سطحی معادل ۳ متر مربع انجام گرفت.

برای تجزیه و تحلیل کارایی سیستم مخلوط از نسبت برابری زمین که بیانگر میزان زمین لازم برای تک‌کشتی دو گونه را در مقایسه با کشت مخلوط آن‌ها می‌باشد از معادله (۱) استفاده گردید (Mazaheri, 1993):

$$LER= RY_1+RY_2 \quad (1)$$

کــه در این معادله، RY: عملکرد نسبی (عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط نسبت به تک‌کشتی) می‌باشد.

تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها به‌ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab 17 و Excel صورت گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مربوط به سیاه‌دانه

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین، اجزای عملکرد، عملکرد و شاخص برداشت سیاه‌دانه تحت تأثیر کشت مخلوط ردیفی با شنبلیله به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کاشت با شنبلیله بر کلیه صفات مورد بررسی سیاه‌دانه به‌جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در هر بوته (۵/۳۳ شاخه در بوته) و کمترین (۳/۳۳ شاخه در بوته) سیاه‌دانه به‌ترتیب از کشت خالص سیاه‌دانه و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ به‌دست آمد (جدول ۳). بین کشت خالص و تیمارهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری از نظر آماری ملاحظه شد و همچنین بین نسبت‌های کشت مخلوط فقط تیمارهای ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت کاهش تعداد شاخه جانبی سیاه‌دانه در نسبت‌های کشت مخلوط، احتمالاً به دلیل بیشتر بودن ارتفاع گیاه شنبلیله و افزایش تعداد شاخه جانبی آن می‌باشد که باعث شده این گیاه در رقابت بین گونه‌ای، به‌جای تعداد شاخه جانبی بیشتر، بر ارتفاع خود بیفزاید تا از توان رقابتی بهتری برای رشد بهره ببرد. این نتایج با مطالعات سایر محققان نیز مطابقت دارد (Alizadeh *et al*., 2010; Mosapour *et al*., 2015).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی سیاه‌دانه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با شنبلیله
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative traits of black cumin in different intercropping ratios with fenugreek

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه جانبی Number of Branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of Follicle per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seed follicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد تک بوته Seed yield per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.392	0.322ns	4.13ns	0.015 ns	0.0001ns	153.1 ns	9477ns	6.15ns
نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio	4	1.75*	24.51**	327.6**	0.005ns	0.0015**	19871.4**	178781**	7.30 ns
خطا Error	8	0.010	0.278	24.73	0.008	0.0001	144.0	4448	6.48 ns
ضریب تغییرات CV (%)	-	12.7	11.9	12.1	4.6	7.8	7. 5	12.2	8.2

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد
ns and **: Non significant and significant at p≤0.05, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با شنبلیله بر صفات کمی گیاه سیاه‌دانه
Table 3- Means comparisons for the effect of different intercropping ratios with fenugreek on quantitative traits of black cumin

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	تعداد شاخه جانبی Number of Branches per plant	تعداد کپسول در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seed per follicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد تک بوته Seed yield (g.plant^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})
کشت خالص Monoculture	5.33 a*	13.8 a	30.87c	2.07	0.146 a	291 a	888 a
100% F + B %25	4.33 b	10.87b	56.93 a	2.06	0.148 a	73 d	241 d
100% F + B %50	4.13 bc	9.47c	44.87 b	2.04	0.123 b	122 c	401 c
100% F + B %75	3.67 bc	8.07d	38.87 bc	2.03	0.119 b	178 b	554 b
100% F + B %100	3.33 c	6.27e	33.20 c	1.96	0.092 c	184 b	634 b

F و B: به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و سیاه‌دانه می‌باشند.
F and B: are fenugreek black cumin, respectively.
* میانگین‌های بدون حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.
* Means without different letters in each column are significantly different based on LSD at 5% probability level.

بیشترین تعداد کپسول در بوته (۱۳/۸ عدد) و کمترین آن (۶/۲۷ عدد) به‌ترتیب از نسبت‌های کشت خالص و تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله حاصل شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد دلیل بالاتر بودن تعداد کپسول در بوته برای کشت خالص، عدم رقابت بین گونه‌ای باشد که با تولید شاخه جانبی بیشتر، تعداد کپسول در بوته نیز به دنبال آن افزایش پیدا کرد. نتیجه این آزمایش با نتایج قلی‌نژاد و رضایی چیانه (Gholinezhad and Rezaei- Chiyaneh, 2014) در بررسی کشت مخلوط نخود و سیاه‌دانه همسو است. در نسبت‌های افزایشی کشت مخلوط نیز با افزایش درصد حضور سیاه‌دانه از ۲۵٪ به ۱۰۰٪

بررسی کشت مخلوط افزایشی زعفران و نخود نشان داد که دلیل کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در نسبت‌های بالاتر نخود احتمالاً افزایش رقابت درون‌گونه‌ای باشد که از طریق تراکم بالای شاخ و برگ گیاه، سایه‌اندازی کاهش اجزای عملکرد را موجب شده است (Asadi *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط ماش (*Vigna radiate* L. Wilczek) و سیاه‌دانه، تعداد شاخه جانبی گیاه سیاه‌دانه نسبت به کشت خالص کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه جانبی در کشت خالص به‌دست آمد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2009).

بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط از نظر وزن هزار دانه برای گیاه سیاه‌دانه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (جدول ۲). از طرفی مقایسه وزن هزار دانه در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که بیشترین مقدار این صفت به تیمار کشت خالص (۲/۰۷ گرم) اختصاص داشت و با اضافه شدن این گیاه با نسبت‌های مختلف به گیاه شنبلیله، به دلیل افزایش رقابت وزن هزار دانه آن کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین میزان در تیمار کشت ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله (۱/۹۶ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2016) با بررسی کشت مخلوط کنجد و ماش سبز اعلام کردند که وزن هزار دانه تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت. در تناسب با نتایج این مطالعه در راستای عدم معنی‌داری وزن هزار دانه از نسبت‌های کشت مخلوط، به‌نظر می‌رسد وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزایی است که بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی است تا فاکتورهای محیطی. بنابراین، اعمال مدیریت زراعی و عوامل محیطی تأثیر زیادی روی این صفت ندارد (Sadeghi *et al.*, 2005).

اثر نسبت کاشت بر عملکرد تک بوته سیاه‌دانه نیز بسیار معنی‌دار شد (جدول ۲) و با افزایش نسبت کاشت سیاه‌دانه از عملکرد تک بوته کاسته شد به‌طوری‌که بالاترین (۰/۱۴۸ گرم) عملکرد تک بوته متعلق به تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله بود که از لحاظ آماری با کشت خالص سیاه‌دانه اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین پایین‌ترین (۰/۰۹۲ گرم) عملکرد تک بوته نیز به تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص یافت که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). احتمالاً با افزایش نسبت کاشت سیاه‌دانه، رقابت بین بوته‌ها افزایش یافت و از طریق کاهش اجزای مؤثر بر عملکرد دانه تک بوته از جمله تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول، عملکرد تک بوته نیز کاهش یافت (جدول ۳).

بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به‌ترتیب به میزان ۲۹۱ و ۸۸۸ کیلوگرم در هکتار از کشت خالص و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله به‌ترتیب برابر با ۷۳ و ۲۴۱ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۳). صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2005) گزارش نمودند که تعداد گیاه در واحد سطح مهم‌ترین جزء عملکرد می‌باشد. از آن‌جایی‌که تراکم هریک از گیاهان در کشت خالص نسبت به مخلوط بیشتر است، لذا در کشت‌های مخلوط کمتر بودن تراکم هر گونه نسبت به کشت خالص خود دلیل اصلی پایین‌تر بودن عملکرد می‌باشد (Ghosh, 2004). از این‌رو، در آزمایش حاضر نیز با افزوده شدن بر تراکم سیاه‌دانه از ۲۵٪ به ۱۰۰٪ بر عملکرد دانه و بیولوژیکی افزوده شد، به‌طوری‌که از لحاظ آماری بین تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، اما تیمارهای ۷۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند تعداد کپسول پر در بوته این گیاه کاسته شد و احتمالاً علت این کاهش، مربوط به افزایش رقابت درون گونه‌ای برای بوته‌های سیاه‌دانه می‌باشد، به‌طوری‌که بالا بودن تراکم شاخ و برگ گیاهان نیز در کاهش این صفت برای سیاه‌دانه در تیمارهای مخلوط احتمالاً مؤثر بوده است.

تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله بیشترین تعداد دانه در کپسول (۵۶/۹۳ عدد) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). همچنین کشت خالص کمترین (۳۰/۸۷ عدد) این صفت را دارا بود که در مقایسه با تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج این آزمایش با یافته‌های تحقیق اسدی و همکاران (Asadi *et al.*, 2016) نیز مطابقت دارد. با توجه به این‌که تعداد کپسول در بوته برای تیمارهای کشت مخلوط احتمالاً به دلیل رقابت بین گونه‌ای کاهش یافته‌است، بنابراین مواد فتوسنتزی گیاه بین تعداد کپسول‌های کمتری توزیع شده‌است که این امر منجر به افزایش تعداد دانه در کپسول در تیمارهای کشت مخلوط شد. اما با افزایش حضور سیاه‌دانه در کشت مخلوط تعداد دانه در کپسول کاهش یافت، به نظر می‌رسد علت این امر افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های سیاه‌دانه باشد.

در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط سیاه‌دانه و نخود مشخص شد که سیاه‌دانه در کشت مخلوط با نخود نسبت به کشت خالص از تعداد دانه در کپسول کمتری برخوردار بود. آن‌ها علت این کاهش تعداد دانه در کپسول و همچنین کاهش تعداد کپسول در بوته را هم‌زمانی بیشتر دوره رشدی سیاه‌دانه با نخود نسبت دادند که سبب رقابت بین گونه‌ای بیشتر بین این تیمارها منجر شد (Gholinezhad and Rezaei-Chiyaneh, 2014).

نقی‌پور دهکردی (Naghipoor Dehkordi, 2015) با مطالعه کشت مخلوط سه گیاه دارویی سیاه‌دانه، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گزارش داد که کشت مخلوط سه‌گانه با ۵۶ دانه در کپسول بیشترین مقدار این صفت را دارا بود و از طرفی تیمار کشت خالص سیاه‌دانه کمترین دانه در کپسول (۴۰/۳) را به خود اختصاص داد. وی بیان داشت که رشد رویشی زیاد سیاه‌دانه در ابتدای فصل رشد ناشی از فضای زیاد بوده و به دنبال آن تعداد شاخه جانبی و کپسول‌های زیادی تولید کرده که بعداً در موقع تولید دانه‌ها یا پر شدن آن‌ها به دلیلی همچون محدودیت منبع قادر به تولید دانه زیاد و حتی پر کردن کپسول‌های خود نیست. همچنین به‌نظر می‌رسد تعدادی از کپسول‌ها به دلیل کمبود مواد فتوسنتزی پوک بودند. به این ترتیب، می‌توان افزایش تعداد دانه در کپسول در کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص توجیه کرد.

2014). نشان داده است که شاخص برداشت سیاه‌دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط با گیاهان مختلف قرار نگرفت که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد مدیریت زراعی در بهبود شاخص برداشت گیاهان اصلاح‌شده همانند گندم و ذرت که به حد پتانسیل تولید خود نزدیک شده‌اند تأثیر چندانی ندارد، اما از طرفی افزایش شاخص برداشت در گیاهان دارویی همچون سیاه‌دانه که امکان بهبود تخصیص مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی را دارند تحت تأثیر تیمارهای مدیریتی قرار می‌گیرند (Khorramdel *et al*., 2008). محققان در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود اظهار داشتند که شاخص برداشت هر دو گونه در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود و علت این امر را بالاتر بودن اجزای عملکرد و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه نسبت دادند. همچنین تداوم بیشتر انتقال مواد به سمت دانه نتیجه بهبود شرایط محیطی در کشت مخلوط اعم مناسب مخلوط از نظر جذب نور، رطوبت و نیز دما می‌باشد (Zarifpour *et al*., 2015).

صفات مربوط به شنبلیله

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر نسبت‌های کشت مخلوط با سیاه‌دانه بر کلیه صفات مورد بررسی (تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) شنبلیله به‌جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین تعداد شاخه جانبی شنبلیله در بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیاه‌دانه نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی (۳/۸ شاخه در بوته) از کشت خالص و کمترین آن (۲/۸۷ شاخه در بوته) از تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله حاصل شد (جدول ۵). به‌طوری‌که بین تیمار کشت خالص با نسبت‌های مخلوط تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری ملاحظه شد، اما تیمارهای کشت مخلوط با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج مطالعه علی‌زاده و همکاران (Alizadeh *et al*., 2010) مؤید کاهش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در بوته در سری‌های افزایشی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. این محققان دلیل این کاهش را تشدید رقابت بین گونه‌ای ناشی از حضور سایر گونه‌ها در نسبت‌های کشت مخلوط و همچنین علف‌های هرز و به‌تبع آن کاهش منابع محیطی در دسترس گیاه زراعی، بیان نمودند. به نظر می‌رسد که در نسبت‌های پایین کشت مخلوط با سیاه‌دانه که در آن‌ها گیاه از فضای بیشتری برای رشد برخوردار بوده است، با دریافت نور بیشتر جهت افزایش تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر تحریک شده و در نسبت‌های کاشت فشرده‌تر به دلیل سایه‌اندازی و کاهش نور، تحریک لازم جهت

(جدول ۳) که علت این امر احتمالاً به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بوته‌های سیاه‌دانه بر سر جذب منابع محیطی بوده که کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد کپسول در بوته را به همراه داشت. از این‌رو، نتایج مطالعات بسیاری حاکی از کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بوده که از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و نخود (Banik *et al*., 2006)، مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس توسط رضایی چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh *et al*., 2014) اشاره نمود.

اسدی و همکاران (Asadi *et al*., 2016) اظهار داشتند که بیشترین عملکرد بیولوژیکی و دانه نخود برای کشت خالص و کمترین مقادیر نیز برای تیمار ۱۰۰٪ زعفران + ۱۰۰٪ نخود مشاهده گردید به‌طوری‌که افزایش درصد حضور نخود تا ۸۰٪ درصد باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه شده است و افزایش بیش از این میزان، به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بوته‌های نخود بر سر جذب منابع محیطی کاهش این صفات را موجب شده است. مقایسه ترکیب‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ماریتیغال و رازیانه نشان دادند که کشت خالص رازیانه دارای بیشترین عملکرد دانه (۷۱۹/۱۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۱۵۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سایر تیمارها بود که علت این امر را بیشتر بودن تعداد بوته در کشت خالص نسبت به سایر نسبت‌های کشت عنوان کردند (Solouki *et al*., 2015). عملکرد لوبیا از یک طرف، با افزایش تراکم لوبیا افزایش و از طرف دیگر با افزایش تراکم ذرت کاهش یافته که احتمالاً به دلیل سایه‌اندازی ذرت بوده است، زیرا گونه بلندتر در کشت مخلوط بـر روی گونه کوتاه‌تر سایه‌اندازی نموده و لذا عملکرد در جزء کوتاه‌تر کاهش می‌یابد (Koocheki *et al*., 2010).

رضائی‌چیانه و قلی نژاد (Rezaei-Chiyaneh and Gholinezhad, 2105) در کشت مخلوط افزایشی سیاه‌دانه و نخود (*Cicer arietinum* L.) دریافتند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود از کشت خالص و کمترین آن از نسبت کاشت ۵۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاه‌دانه به‌دست آمد. آن‌ها بیان کردند که به موازات افزایش سهم نخود در کشت مخلوط، رقابت بین‌گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های دوگونه تشدید شده که نهایتاً سبب کاهش عملکرد نهایی نخود گردید.

شاخص برداشت سیاه‌دانه در هیچ‌یک از نسبت‌های کشت مخلوط با شنبلیله از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول ۲). با مقایسه میانگین تیمارهای مختلف مشخص شد بالاترین (۳۳ درصد) و پایین‌ترین (۲۹/۳۰ درصد) شاخص برداشت به‌ترتیب به کشت خالص و تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص داشت (جدول ۳).

نتایج برخی آزمایش‌ها (Rezvani Moghada *et al*., 2009; Naghipoor Dehkordi *et al*., 2015; Koocheki *et al*.,

غلاف در بوته برای شنبلیله نسبت به کشت خالص این گیاه، افزایش یافت و علت آن را کاهش رقابت درون‌گونه‌ای عنوان کردند.

مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف نشان داد که بیشترین (۱۳/۳۳ تعداد دانه) و کمترین (۹/۴۰ تعداد دانه) تعداد دانه در غلاف شنبلیله به‌ترتیب به تیمارهای ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله تعلق داشت (جدول ۵). از لحاظ آماری در بین نسبت‌های کشت مخلوط فقط تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله با کشت خالص اختلاف معنی‌داری داشت. گزارش‌های زیادی حاکی از آن است که تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط قرار نگرفت (Mirhashemi *et al*., 2009; Dua *et al*., 2005). بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته لوبیا قرمز مربوط به کشت خالص و کم‌ترین آن‌ها برای ترکیب ردیفی بود. مقایسه تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد لوبیا به‌عنوان گیاهی رونده که در زیر کانوپی گیاه غالب آفتابگردان رشد می‌کند، نشان داد که خصوصیات رشدی لوبیا نیز همانند کنجد با افزایش ردیف در کشت مخلوط از ترکیب ردیفی به نواری و سپس کشت خالص، افزایش یافت که این امر در نتیجه منجر به بهبود اجزای عملکرد آن شد (Koocheki *et al*., 2016).

محققان با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله اظهار داشتند که تعداد دانه در غلاف در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش پیدا کرد و دلیل این امر را تعداد کمتر غلاف در بوته برای کشت مخلوط عنوان کردند که باعث تولید غلاف‌های بزرگ‌تر و در نتیجه افزایش تعداد دانه در غلاف نسب به کشت مخلوط گردیده است (Rezvani Moghada *et al*., 2009).

کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2016) با مطالعه کشت مخلوط کنجد و ماش سبز گزارش کردند که در سال اول کشت تیمار کشت خالص ماش بیشترین تعداد دانه در هر غلاف را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود و در سال دوم تفاوت معنی‌داری ازنظر تعداد دانه در غلاف وجود نداشت.

وزن هزاردانه یکی از مؤلفه‌های تعیین‌کننده‌ی عملکرد نهایی محسوب می‌شود و اندازه‌ی دانه در واقع قابلیت ذخیره‌سازی دانه را مشخص می‌کند (Sadri Sakineh *et al*., 2016). نتایج نشان دادند که بیشترین (۱۵/۵۵ گرم) و کمترین (۱۳/۴۶ گرم) وزن هزار دانه به‌ترتیب به تیمارهای ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و ۷۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص یافت (جدول ۵). از آن‌جایی‌که معمولاً اجزای عملکرد برای متعادل کردن تولید با یکدیگر در تعادل می‌باشند (Pouramir, 2009). در این آزمایش، همچنان که بر درصد حضور سیاه‌دانه در کشت مخلوط افزوده شد از میانگین تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در بوته کاسته شد، ولی بر میانگین تعداد دانه در غلاف شنبلیله افزوده شد.

شاخه‌دهی صورت نگرفته که در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش و تعداد شاخه‌های جانبی کاهش پیدا کرده است (Zargari, 1997).

میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al*., 2009) گزارش کردند که کشت خالص شنبلیله بالاترین تعداد شاخه جانبی را دارا بود و علت کاهش تعداد شاخه جانبی در کشت مخلوط با زنیان را اثر رقابت بین گونه‌ای گیاه زنیان به‌عنوان گیاه غالب کردند. بیگناه و همکاران (Bigonah *et al*., 2014) با مطالعه بر روی کشت مخلوط گشنیز (.*Coriandrum sativum* L) و شنبلیله گزارش کردند که بیشترین تعداد شاخه جانبی هر دو گیاه به‌ترتیب در تیمارهای ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+ ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله و ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+ ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله و کمترین آن به‌ترتیب ۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+ ۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله و کشت خالص شنبلیله مشاهده شد.

مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط (جدول ۵) بر تعداد غلاف در بوته شنبلیله نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته با ۴۷/۸ غلاف به کشت خالص تعلق داشت که از لحاظ آماری با تیمارهای ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و ۵۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله تفاوت معنی‌داری نداشت. علاوه بر آن، بین تیمارهای کشت مخلوط نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میانگین این صفت نیز به تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص داشت. به نظر می‌رسد در کشت مخلوط با شنبلیله، با اضافه شدن بر نسبت درصد حضور سیاه‌دانه از ۲۵٪ به ۱۰۰٪ بر رقابت بین گونه‌ای افزوده شده و در نتیجه از اجزای عملکرد شنبلیله از جمله تعداد غلاف در بوته کاسته شده اما این کاهش به‌دلیل غالب بودن شنبلیله بر سیاه‌دانه، فقط باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری بین تیمار کشت خالص با کشت مخلوط گردیده اما بین نسبت‌های کشت مخلوط از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد.

رضائی چیانه (Rezaei- Chiyaneh *et al*., 2014) در بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بیان داشتند که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب در کشت خالص و کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف زنیان و ۶ ردیف شنبلیله به‌دست آمد. همچنین این محققان اظهار داشتند که تعداد غلاف در گیاه یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد که از یک طرف دربرگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها می‌باشد. تعداد غلاف بیشتر در کشت خالص و به‌تبع آن افزایش تعداد دانه در بوته شنبلیله می‌تواند منجر به افزایش عملکرد این گیاه نسبت به سایر نسبت‌های کشت مخلوط شود. در کشت مخلوط دو گیاه زیره سبز و شنبلیله تعداد غلاف در بوته شنبلیله در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت (Rezvani Moghaddam and Moradi, 2012). رضازاده و همکاران (Rezazeh *et al*., 2016) با بررسی کشت مخلوط افزایشی شنبلیله و گوجه‌فرنگی بیان کرد که تعداد

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیاه‌دانه بر صفات کمی شنبلیله

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of different intercropping ratios with black seed on quantitative traits of fenugreek

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه جانبی Number of branches per plant	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد تک بوته Seed yield (g.plant^{-1})	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.034ns	17.23 ns	0.354 ns	0.189 ns	0.006 ns	5365 ns	10939 ns	26.39ns
تیمار Treatment	4	0.369**	93.79 *	6.277*	0.822 ns	0.266**	42558 **	477215**	3.08 ns
خطا Error	8	0.051	16.67	1.451	0.558	0.0007	3897	21085	19.15
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.05	10.13	10.92	6.75	7.34	12.37	7.85	16.05

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns and **: Non significant and significant at $p \leq 0.05$, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیاه‌دانه بر صفات کمی گیاه شنبلیله

Table 5- Means comparisons for the of effect of different intercropping ratios with black seed on quantitative traits of fenugreek

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	تعداد شاخه جانبی Number of branches per plant	تعداد غلاف در بوته No. of pods Per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد تک بوته Seed yield (g.plant^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	نسبت برابری زمین جزئی Partical land equivalent ratio
کشت خالص Monoculture	3.8 a*	47.8 a	10.40 b	14.55	1.64 a	655 a	2309 a	28.42	1
100% F+%25B	3.2 b	44 ab	9.40 b	15.15	1.42 b	569 ab	2165 ab	26.29	0.87 a
100% F+%50B	3.13 b	39.33 ab	10.93 b	14.45	1.31 b	525 b	1869 b	28.26	0.80 ab
100% F+%75B	3.07 b	35.87 b	11.07 ab	13.46	1.02 c	407 c	1537 c	27.03	0.62 bc
100% F+%100B	2.87 b	34.47 b	13.33 a	13.67	0.91 c	363 c	1372 c	26.39	0.56 c

F و B: به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و سیاه‌دانه می‌باشند.

F and B: are fenugreek black cumin, respectively.

* میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means with different letters in each column are significantly different based on LSD at 5% probability level.

صدری و همکاران (Sadri *et al.*, 2015) با بررسی مخلوط شنبلیله و رازیانه بیان نمودند که تأثیر نسبت‌های کاشت بر وزن هزار دانه رازیانه معنی‌دار نبود. بیشترین وزن هزاردانه‌ی شنبلیله از سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه+ ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد. در واقع نتایج تأثیر مثبت کشت مخلوط جایگزینی را نسبت به کشت مخلوط افزایشی بر وزن هزاردانهٔ شنبلیله نشان داد.

اثر نسبت کاشت بر عملکرد تک بوته شنبلیله نیز بسیار معنی‌دار شد (جدول ۴). بالاترین (۱/۶۴ گرم) عملکرد تک بوته شنبلیله از تیمار کشت خالص حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد با افزایش نسبت کاشت سیاه‌دانه به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای، اجزای موثر بر عملکرد دانه همچون تعداد غلاف در بوته را کاهش داده که خود این امر منجر به کاهش عملکرد تک بوته شنبلیله شده است به‌طوری‌که پایین‌ترین (۰/۹۱ گرم) عملکرد تک بوته به تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص یافت (جدول ۵).

تأثیر نسبت کاشت بر عملکرد دانه و بیولوژیکی شنبلیله نیز بسیار معنی‌دار شد (جدول ۵). بین نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی از کشت خالص به‌دست آمد که با تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله تفاوت معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد که دلیل کاهش عملکرد در تیمارهای افزایشی، وجود رقابت بین دو گونه باشد که با افزوده شدن بر نسبت سیاه‌دانه به‌عنوان گیاه فرعی این کاهش شدیدتر نیز شده است که با نتایج آزمایش سلوکی و همکاران (Solooki *et al.*, 2015) مطابقت دارد. در این آزمایش نیز درکشت خالص علاوه بر عدم رقابت برون گونه‌ای، احتمالاً نسبت‌های مخلوط در کاهش میزان عملکرد دانه شنبلیله موثر بوده است زیرا که بوته‌های شنبلیله در تیمار کشت خالص با تراکم مطلوب ۱۰۰٪ در طرفین پشته بر روی ۱۲ ردیف در هر کرت قرار گرفت و این در حالی است که در کشت مخلوط با همان تراکم بر روی ۶ ردیف در هر کرت قرار گرفت. احتمالاً این امر باعث شد تا تک بوته‌های شنبلیله با در اختیار داشتن فضا و شرایط مطلوب محیطی در کشت خالص عملکرد بالاتری نسبت به کشت مخلوط داشته باشد. از طرفی نتایج این تحقیق نشان داد که با افزوده شدن نسبت حضور گیاه سیاه‌دانه به‌عنوان گیاه همراه در کشت مخلوط با شنبلیله، اجزای عملکرد این گیاه همچون تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در بوته (جدول ۵)، کاهش معنی‌داری نسبت به کشت خالص داشت. علاوه بر آن، از میانگین آن‌ها در نسبت‌های بالاتر سیاه‌دانه نیز کاسته شد. همچنین طبیعی است که عملکرد دانه نیز به پیروی از آن‌ها کاهش یافته است. نتایج مطالعات زیادی حاکی از آن است که عملکرد دانه شنبلیله درکشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود (Mirhashemi *et al.*, 2009; Rezvani Moghaddam *et al.*, 2009; Awasthi *et al.*, 2011).

صدری و همکاران (Sadri *et al.*, 2015) با بررسی کشت مخلوط شنبلیله با رازیانه به‌صورت جایگزینی و افزایشی اظهار داشتند که نسبت‌های کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد شنبلیله داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانهٔ شنبلیله از کشت خالص به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبلیله (۳:۱) بود که در مقایسه با کشت خالص حدود ۶۷ درصد کاهش داشت. در سری‌های افزایشی نیز شنبلیله به‌عنوان گیاه فرعی با توجه به کاهش تعداد ساقه‌های فرعی، شاخص سطح برگ و اکثر اجزای عملکرد شنبلیله در سری‌های افزایشی کشت مخلوط، با افت عملکرد مواجه شد. رضائی‌چیانه و همکاران (Rezaei Chiyaneh *et al.*, 2014) در آزمایش کشت مخلوط شنبلیله و شوید گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص وکمترین عملکرد دانه از کشت مخلوط نواری سه ردیف شوید و یک ردیف شنبلیله حاصل شد. این محققان علت بالاتر بودن عملکرد دانه در کشت خالص را این‌گونه عنوان کردند که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باعث شد که هر بوته شنبلیله برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار شنبلیله قرار بگیرد. همچنین دلیل پایین بودن عملکرد دانه در کشت مخلوط به افزایش رقابت بین گونه‌ای شوید با شنبلیله و کاهش فضای زیستی نسبت داده شد که به‌دلیل کاهش جذب نور و کاهش رشد و فتوسنتز در نهایت، عملکرد را کاهش داده است. در کشت مخلوط گواوا (*Psidium guajava* L.) با گیاهان پوششی (یونجه، شنبلیله و لوبیای علوفه‌ای) بیشترین وزن تر گواوا از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله به‌دست آمد (Al-qurashi *et al.*, 2005).

رضازاده و همکاران (Rezazadeh *et al.*, 2006) در مطالعه کشت مخلوط گوجه‌فرنگی با شنبلیله بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به نسبت ۱۰۰٪ شنبلیله با رقم کارون فلات بود که در مقایسه با سایر نسبت‌ها افزایش چشمگیری داشته است. همچنین کمترین عملکرد نیز به نسبت ۵۰٪ شنبلیله با رقم کارون فلات اختصاص یافت. به‌نظر می‌رسد که ارتباط مستقیمی بین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در این نسبت از کشت مخلوط وجود دارد در حالی‌که در سایر نسبت‌های کشت عملکرد دانه در مقایسه با کشت خالص آن کاهش یافت. دلیل این موضوع احتمالاً مربوط به افزایش فشار رقابتی درون‌گونه‌ای تحت تأثیر افزایش‌تراکم شنبلیله درکشت مخلوط می‌باشد.

شاخص برداشت دلالت بر میزان زیست‌توده گیاهی تخصص‌یافته به دانه دارد، بنابراین معیار مناسبی برای میزان تقسیم

ذخایر بین ساختار رویشی و زایشی است. همچنین افزایش تخصیص مواد به اندام اقتصادی، عامل افزایش شاخص برداشت معرفی شده است (Willey, 1990). شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی است که در این آزمایش، شاخص برداشت شنبلیله در مخلوط با نسبت‌های مختلف سیاه‌دانه معنی‌دار نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کشت خالص با ۲۸/۴۲ درصد و تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله با میانگین ۲۶/۲۹ درصد به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین این شاخص را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

بررسی‌های کشت مخلوط شنبلیله به‌ترتیب با آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) و زیره سبز، عدم معنی‌داری شاخص برداشت شنبلیله را گزارش نمودند (Mardani and Balouch, 2015; Rezvani Moghaddam and Moradi, 2011) که با نتایج آزمایش حاضر همسو می‌باشد. صدری و همکاران (Sadri *et al*., 2015) اظهار داشتند که شاخص برداشت شنبلیله به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط با رازیانه قرار گرفت. به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت شنبلیله از کشت خالص حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی نداشت. همچنین عنوان کردند که در شرایط رقابت شدید با رازیانه در کشت مخلوط افزایشی، شاخص برداشت شنبلیله کاهش نشان داد. آنها اظهار داشتند که کاهش تراکم زیاد رازیانه در کشت مخلوط افزایشی به‌دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع بوتهٔ ناشی از رقابت و به‌تبع آن رشد رویشی بیشتر، موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی و کاهش سهم اندام‌های زایشی شد که درنتیجه افزایش رشد رویشی با افزایش عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با عملکرد اقتصادی، درنهایت کاهش شاخص برداشت را به دنبال داشت. اما در این آزمایش به‌نظر می‌رسد از آن‌جا که شنبلیله با ارتفاع بیشتر گیاه غالب در کشت مخلوط بود و گرچه رقابت با سیاه‌دانه تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه و بیولوژیکی این گیاه داشته است، اما بر نسبت بین این دو (شاخص برداشت) تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

نتایج پژوهش میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al*., 2009) نشان داد که در کشت مخلوط شنبلیله و زنیان، بالاترین شاخص برداشت زنیان مربوط به کشت مخلوط سه ردیفی بود و کشت خالص کمترین شاخص برداشت را داشت.

نسبت برابری زمین

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که نسبت‌های مختلف دو گیاه شنبلیله و سیاه‌دانه کشت تاثیر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین کل نداشت. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود مقدار LER در تمام نسبت‌های کشت مخلوط بیشتر از یک شد که نشان از برتری کشت مخلوط این دو گونه با یکدیگر نسبت به کشت خالص هرکدام از گونه‌ها می‌باشد (جدول ۶).

نسبت جزئی برابری زمین در سیاه‌دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت ($P\leq0.01$). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد به‌جز تیمار ۷۵٪ و ۱۰۰٪ درصد سیاه‌دانه سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۷) به‌طوری‌که بیشترین (۰/۶۳) و کمترین (۰/۲۵) میانگین نسبت جزئی برابری زمین سیاه‌دانه به‌ترتیب به تیمارهای ۱۰۰٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله و تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص داشتند. افزایش درصد حضور سیاه‌دانه در کشت مخلوط افزایش نسبت جزئی برابری زمین را موجب شد.

نسبت برابری جزئی زمین شنبلیله تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با گیاه سیاه‌دانه قرار گرفت ($P\leq0.05$). با مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد بالاترین (۰/۸۷) این مقدار به تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله و پایین‌ترین (۰/۵۶) آن نیز به تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله اختصاص یافت (جدول ۷) که به‌طورکلی، در کشت مخلوط افزایشی حاضر که شنبلیله به‌عنوان گیاه اصلی بود و بر درصد سیاه‌دانه ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد افزوده شد با افزایش سهم حضور سیاه‌دانه، از نسبت جزئی برابری زمین شنبلیله کاسته شد.

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین (LER) جزئی و کل در نسبت‌های کشت مخلوط شنبلیله و سیاه‌دانه

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for partial and total land equivalent ratio (LER) in different intercropping ratios of fenugreek with black seed

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت برابری زمین جزئی سیاه‌دانه Partical $LER_{black\ seed}$	نسبت برابری زمین جزئی شنبلیله Partical $LER_{fenugreek}$	نسبت برابری زمین کل Total LER
تکرار Replication	2	0.003130 ns	0.026267 ns	0.044280 ns
تیمار Treatment	3	0.232863**	0.064546*	0.007663 ns
خطا Error	6	0.000920	0.009075	0.010041
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.3	13.3	8.4

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns and **: Non significant and significant at $p\leq0.05$, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط شنبلیله با سیاه‌دانه بر نسبت برابری زمین جزئی و کل بر اساس عملکرد دانه
Table 7- Mean comparisons for the effect of intercropping ratios of fenugreek with black seed on partial and total land equivalent ratio based on seed yield

نسبت کشت مخلوط Intercropping ratio	نسبت برابری زمین جزئی سیاه‌دانه Partial LER of black cumin	نسبت برابری زمین جزئی شنبلیله Partial LER of fenugreek	نسبت برابری زمین کل Total LER
100% F + B %25	0.25 c*	0.87 a	1.12 a
100% F+ B %50	0.42 b	0.80 ab	1.23 a
100% F + B %75	0.61 a	0.62 bc	1.24 a
100% F + B %100	0.63 a	0.56 c	1.19 a

F و B: به‌ترتیب نشان‌دهنده شنبلیله و سیاه‌دانه می‌باشند.
F and B: are fenugreek black cumin, respectively.
میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.
* Means with different letters in each column are significantly different based on LSD at 5% probability level.

بین نسبت‌های کشت مخلوط بیشترین (۱/۲۴) میزان LER کل در تیمار ۷۵٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله و کمترین (۱/۱۲) آن نیز به تیمار ۲۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله مشاهده شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد علت این امر با توجه به ثابت بودن تراکم شنبلیله به‌عنوان گیاه اصلی، تراکم بالاتر سیاه‌دانه (سهم بالاتر سیاه‌دانه در مخلوط) در این تیمار نسبت به سایر تیمارها باشد که باعث شده تا این گیاهان با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده نمایند، البته در تیمار ۱۰۰٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله هرچند تراکم سیاه‌دانه بالاتر از نسبت ۷۵٪ سیاه‌دانه + ۱۰۰٪ شنبلیله بود اما احتمالاً به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای گیاهان باشد که منجر به کاهش نسبت برابری زمین شده است.

با توجه به مقایسه LER جزئی هر تیمار سیاه‌دانه با نسبت درصد حضور سیاه‌دانه در آن تیمار می‌توان گفت که گیاه سیاه‌دانه از نظر عملکرد تاثیر مثبتی از شنبلیله نپذیرفته است. به عبارت دیگر اگر در تیمار ۷۵٪ سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله، ۷۵ درصد سیاه‌دانه در سیستم مخلوط حضور داشته اما عملکرد آن ۰/۶۱ ام کشت خالص بوده است و از مقدار نسبت درصد آن کمتر بوده است و این کاهش به معنای وجود رقابت بین گونه‌ای و اثر منفی آن بر عملکرد سیاه‌دانه بوده است. اما اثر مثبت کشت مخلوط با شنبلیله بر کنترل بهتر علف‌هرز و تاثیر آن بر بهبود ویژگی‌های خاک را نباید نادیده گرفت.

آزمایش‌های بسیار زیادی بر روی کشت مخلوط، بالاتر بودن LER در کشت مخلوط را گزارش کرده‌اند (Banik *et al*., 2006; Rezvani Moghaddam *et al*., 2008; Ahmad *et al*., 2013) که با نتایج یافته‌های آزمایش حاضر نیز مطابقت دارد.

بالا بودن نسبت برابری زمین از یک را در کشت مخلوط می‌توان به استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات و همچنین، وجود اختلاف در سیستم ریشه‌ای و نیازهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع در تیمارهای مخلوط نسبت داد (Willey, 1990).

رضائی‌چیانه و همکاران (Rezaei- chiyaneh *et al*., 2015) در کشت مخلوط شنبلیله با شوید گزارش کردند که در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود به‌طوری‌که بالاترین LER از نسبت‌های کشت دو ردیف شنبلیله و دو ردیف شوید و کمترین مقدار آن از کشت مخلوط یک ردیف شوید و یک ردیف شنبلیله حاصل شد و این موضوع نشان می‌دهد که تسهیل بین گونه‌ای بیش از رقابت بین گونه‌ای بوده است.

بیگناه و همکاران (Bigonah *et al*., 2014) در مطالعه خود بر روی کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله اظهار داشتند که بیشترین مقدار LER به تیمار ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله و کمترین آن به تیمار ۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله اختصاص داشت. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al*., 2009) در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله دریافتند LER در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود و همچنین LER جزئی زنیان در تمامی تیمارها نسبت به شنبلیله بالاتر بود که نشان‌دهنده غالبیت زنیان بود.

در کشت مخلوط لوبیا و ذرت گزارش شده است که بیشترین نسبت برابری کل زمین در نسبت‌های کشت ۵۰:۱۰۰، ۱۰۰:۱۵۰، ۱۵۰:۵۰، ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا: ذرت) ثبت شد. هر چهار نسبت فوق جزء تیمارهای افزایشی در کشت مخلوط هستند. در تیمار جانشینی (۵۰:۵۰) نسبت برابری زمین کمتر از یک است. از این رو به نظر می‌رسد که جهت رسیدن بـه حداکثر کارایی و عملکرد در سیستم‌هـای مخلوط ذرت- لوبیا، تیمارهای افزایشی در مقایسه با جانشینی برتری داشته‌اند (Koocheki *et al*., 2014).

صدری و همکاران (Sadri *et al*., 2015) با مطالعه کشت مخلوط شنبلیله و رازیانه بیان کردند که بیشترین نسبت برابری زمین مربوط به سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله و

کمترین آن مربوط به سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبلیله بود. رضائی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2014) درکشت مخلوط زنیان و شنبلیله گزارش کردند که بالاترین از کشت مخلوط نواری ۴ ردیف زنیان و ۲ ردیف شنبلیله حاصل شد. اما با افزایش عرض نوارها LER احتمالاً به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه کاهش پیدا کرد. LER جزئی در زنیان در تمامی تیمارها بالاتر از شنبلیله بود که می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که زنیان از کشت مخلوط با شنبلیله اثر مثبت پذیرفته است.

کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2010) در کشت مخلوط کنجد و شاهدانه نشان دادند که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LER جزئی شاه‌دانه بالاتر از کنجد بود و می‌توان چنین استنباط نمود که شاه‌دانه گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته است.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، اثر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی دو گیاه شنبلیله با سیاه‌دانه در مقایسه با کشت خالص آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تیمارهای کشت مخلوط حاکی از آن بود که با افزایش سهم بوته سیاه‌دانه در نسبت‌های کشت بر عملکرد آن افزوده شد اما متعاقباً از عملکرد و اجزای عملکرد گونه شنبلیله کاسته شد که احتمالاً به دلیل افزایش رقابت به‌وجود آمده در جهت جذب منابع بیشتر بین دو گونه بود. بر این اساس، اگرچه نسبت برابری زمین نیز در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک بود که نشان از برتری کشت مخلوط این دو گونه با یکدیگر نسبت به کشت خالص هرکدام از گونه‌ها می‌باشد؛ ولی از آن‌جا که بالاترین مقدار برای تیمار ۷۵٪سیاه‌دانه+ ۱۰۰٪ شنبلیله به‌دست آمد لذا این تیمار را می‌توان به‌عنوان تیمار برتر به کشاورزان معرفی نمود. با توجه به افزایش بهره‌وری منابع در کشت مخلوط همچون کارایی بالاتر منابع، کاهش فضاهای خالی و همچنین تولید گیاهان سالم تحت تأثیر عدم استفاده از نهاده‌های شیمیایی پیشنهاد می‌شود به‌منظور بهبود رشد و عملکرد، کاشت این گیاهان با گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن همچون شنبلیله مدنظر قرارگیرد.

References

1. Ahmad, W. R., Hassan, F. H., Ansar, M., Manaf, A., and Sher, A. 2013. Enhancing crop productivity through wheat (*Triticum aestivum* L.) fenugreek intercropping system. The Journal of Animal & Plant Sciences 23 (1): 210-215.
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) Journal of Agroecology 2 (3): 383-397. (in Persian with English abstract).
3. Al-qurashi-Adel, D. S. 2005. Growth and leaf nutrients content of Guava seedling (*Psidium guajava* L.) Intercropped with some legume cover crops. Assiut Journal of Agricultural Science 36 (3): 109-119.
4. Asadi, G. A., Khorramdel, S., and Hatefi Farajian, M. H. 2016. The effects of row intercropping ratios of chickpea and saffron on their quantitative characteristics and yield. Saffron Agronomy & Technology 4 (2): 93-103. (in Persian with English abstract).
5. Awasthi, U. D., Tripathi, A. K., Dubey, S. D., and Kumar, S. 2011. Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea + fennel intercropping system under scarce moisture condition. Journal of Food Legumes 24 (3): 211-214.
6. Banik, B., Midya, A., Sarkar, B. K., and Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24 (4): 325-332.
7. Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, R., and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (3): 369-377. (in Persian with English abstract).
8. Bindera, A. D., and Thakur, V. S. 2005. Legume intercropping with potato based cropping system at varied fertility levels under high hills dry temperate conditions of Himachal Pradesh. Indian Journal of Agricultural Sciences 8: 488-498.
9. Boyie Jalloh, M., Sulaiman Wan Harun, W., Talib, J., Fauzi Ramlan, M., Amartalingam, R., TehBoon Sung, C., and Haruna Ahmed, O. 2009. A simulation model estimates of the intercropping advantage of an immature-rubber, banana and pineapple system. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4 (3): 249-254.
10. Carruthers, K., Prithirviraj, B., Clouter, D., Martin, R. C., and Smith, D. L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: Yield component responses. European Journal Agronomy 12: 103-115.
11. D'Antuono, L. F., Moretti, A., and Lovato, A. F. S. 2002. Seed yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascene* L. Industrial Crops and Products 15: 59-69.
12. Dua, V. K., Lal, S. S., and Govindakrishnan, P. M. 2005. Production potential and competition indices in potato + french bean intercropping system in Shimla Hills. Indian Journal of Agricultural Science 75: 321-323.

13. Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A. A., and Rubiales, D. 2008. Control of Orobanch crenata in legumes for dryland maize-bean intercropping. Tropical Agriculture 78 (1): 8-12.
14. Fujita, K., Ofosu-Budu, K. G., and Ogata, S. 1992. Biological nitrogen fixation in mixed legume-cereal cropping systems 141(1-2): 155-175.
15. Geno, L., and Geno, B. 2001. Polyculture production principles benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia. RIRDC.
16. Gholinezhad, E., and Rezaei- Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 16 (3): 236-249. (in Persian with English abstract).
17. Ghorbani, M., Yazdani, S., and Zare Mirakabad, H. Introduction to sustainable Agriculture (The Economic Approach). 2010. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran 538pp. (in Persian).
18. Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.
19. Ghosheh, O. A., Houdi, A. A., and Crooks, P. A. 1999. High performance liquid chromatographic analysis of the pharmacologically active quinones and related compounds in the oil of the black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 19 (5): 757-62.
20. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M. A. 2012. The Effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. Journal of Research Production and Processing of Crops and Horticulture 2 (3): 43-56. (in Persian with English abstract).
21. Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile (*Matricaria chamomilla* L) and marigold (*Calendula officinalis* L.) with manure. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Iran. (in Persian with English abstract).
22. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6 (2): 285-294. (in Persian with English abstract).
23. Khorramdel, S., Siahmarguyee, A., and Mahmoudi, G. H. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Journal of Crop Production 9 (1): 1- 24. (in Persian with English abstract).
24. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Deihimfard, R., Mirzaei Talarposhti, R., and Kheirkhah, M. 2014. Evaluating the competitiveness and productivity in a maize-bean intercropping system using some indices. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (4): 535-542. (in Persian with English abstract).
25. Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (2): 226-243. (in Persian with English abstract).
26. Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfouli, A. 1995. Sustainable agriculture. Jahad University Press Mashhad, Iran. 188, pp. (in Persian).
27. Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2010. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Crop Research 7 (2): 605-614. (in Persian with English abstract).
28. Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Jahani, M., Boroum Reza Zadeh, Z., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12 (1): 1-8. (in Persian with English abstract).
29. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, M., Teimouri, S., and Sanjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal Agroecology 2 (1): 27-36. (in Persian with English abstract).
30. Koocheki, A., Solouki, H., and Karbor, S. 2016. Study of ecological aspects of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed control. Iranian Journal of Pulses Research 7 (2): 27-44. (in Persian with English abstract).
31. Kumar, A., Singh, R., and Chhillar, R. K. 2006. Nitrogen requirement of fennel (*Foeniculum vulgare*) based cropping systems. Indian Journal of Agricultural Science 76 (10): 599-602.
32. Manna, M. C., and Singh, M. V. 2001. Long- term effects of intercropping and bio-litter recycling on soil biological activity and fertility status of subtropical soils. Bioresources Technology 76: 143-150.
33. Mansouri, L., Jamshidi, K. H., Rastgo, M., Saba, J., and Mansouri, H. 2013. The effect of additive intercropping maize (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield, yield components and control weeds in Zanjan climatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 483-492. (in Persian with English abstract).
34. Mardani, F., and Balouch, H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25 (2): 1-16. (in Persian with English abstract).

35. Mazaheri, D. 1987. Intercropping maize and kale. Iranian Journal of Agricultural Science 18 (3,4). (in Persian with English abstract).
36. Mazaheri, D. 1993. Intercropping. Tehran Univ. Publisher. (in Persian).
37. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation benefit of ajowan and fenugreek intercropping indifferent levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (1): 259-269. (in Persian with English abstract).
38. Morris, R. A., Villegan, A. N., Polthanee, A., and Centeno, H. S. 1990. Water use by monocropped and intercropped cowpea and sorghum after rice. Agronomy Journal 82: 664-668.
39. Nachigera, G. M., Ledent, J. F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64 (2): 180-188.
40. Naghipoor Dehkordi, P., Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., and Khorramdel, S. 2015. Effect of combined intercropping on the yield of three medicinal species of black seed (*Nigella sativa* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) and marigold (*Calendula officinalis* L.). Third National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. 11 June 2015. (in Persian).
41. Omid Beigi, R. 2011. Production and processing of medicinal plants. Volume 3, Sixth Edition, Astan Quds Razavi Publishing, Mashhad, Iran. (in Persian).
42. Pouramir, F., Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Gorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Field Crop Research 8 (5): 747-757. (in Persian with English abstract).
43. Putnam, D. H., and Allen, D. L. 1992. Mechanism for over yielding in sunflower-mustard intercrop. Agronomy Journal 84:188-195.
44. Rezaei Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Jamali, M. 2014. Evaluation of Quantitative yield and essential oil content of dill (*Anethun graveolens* L.) in different intercropping patterns with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran. 24-26 Agust. (in Persian).
45. Rezaei- Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei- Asl, F. 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. Journal of Agroecology 5 (4): 426-472. (in Persian with English abstract).
46. Rezaei- chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Jamali, M., and Ghiyasi1, M. 2016. Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (*Anethun graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Plant Production Technology 8 (1): 15-27. (in Persian with English abstract).
47. Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7 (3): 381-396. (in Persian with English abstract).
48. Rezazadeh, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2016. Effect of intercropping ratios in additive series of fenugreek with tomato cultivars on yield. 9th Horticultural Science Congress, 25-28 Junuary. (in Persian).
49. Rezvani Moghaddam, P., and Ahmad Zadeh Motlagh, M. 2007. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*) in Islamabad-Ghayein. Journal Pajouhesh & Sazandegi 20 (3): 62-68. (in Persian with English abstract).
50. Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2011. Evaluation of planting dates, intercropping and biological fertilizers on the yield and quality of essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Scienc 43 (2): 217-230. (in Persian with English abstract).
51. Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M. R., Rashed Mohassel, M. H., and Moradi, M. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1 (1): 65-79. (in Persian with English abstract).
52. Rostaei, M., Fallah, S., and Abbasi Sorki, A. 2014. Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. Journal of Crop Production 7 (4): 222-197. (in Persian with English abstract).
53. Sadeghi, S., Rahnavard, A., and Ashrafi, Z. 2005. Effect of planting date and plant density on yield of black cumin. International Journal of Biological Resarch 2 (2): 94-98. (in Persian with English abstract).
54. Sadri, S., Pouryouseforcid, M., Soleimani, A., Barzegar, T., and Jamshidi, Kh. 2015. Evaluation of agronomical traits fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)- fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Iranian Journal of Medicinal lants 45(4): 593-602. (in Persian with English abstract).
55. Sharifi, Y., Aqa Alikhani, M., Modares Sanavi, A. M., and Soroushzadeh, A. 2006. Effect of mixing ratio and plant density on forage production in sorghum mix (*Sorghum bicolor*) with vigna (*Vigna unguiculata*). Iranian Agriculture Sciences Journal 1-37 (2): 370-363. (in Persian with English abstract).
56. Solouki, S., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2015. Evaluation of substitution and additive intercropping effect on seed and biological yield of milk thistle (*Silybum marianum* L.) and fennel

(*Foeniculum vulgare* Mill.). Second National Conference on Agricultural Engineering and Environment and Sustainable Natural Resources Engineering. 11 March 2015. (in Persian).
57. Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono-/inter–cropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17-29.
58. Vafabakhsh, K., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. Agro-ecosystems health assessment in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 5 (1): 177-184. (in Persian with English abstract).
59. Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantity in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Journal of Agricultural Science (University of Tabriz) 25 (3): 15-30. (in Persian with English abstract).
60. Willey, R. W. 1990. Resources use in intercropping systems. Journal of Agriculture Water Management 17: 215-23.
61. Yadav, U. C., Moorthy, K., and Baquer, N. Z. 2004. Effects of sodium-orthovanadate and Trigonella foenumgraecum seed son hepatic and renal lipogenic enzymes and lipid profile during alloxan diabetes. Journal Bio Sciences 29: 81-91.
62. Zargari, A. 1997. Medicinal plants (Vol. 4). Tehran University Publisher, Iran. (in Persian).
63. Zarifpour, N., Taghi Naseri Poor Yazdi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2014. Evaluate the Effect of Different Intercropping Arrangements of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) on Quantity and Quality Characterastis of Species. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (1): 34-43. (in Persian with English abstract).
64. Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crop productivity nutrient- use efficinency. Plant and Soil 248: 305-312.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 31-47

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۴۷-۳۱

Effect of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and Black Seed (*Nigella sativa* L.) Additive Intercropping on Yield and Yield Components

K. Abdollahpour[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2], S. Khorramdel[3]

Received: 28-02-2018
Accepted: 10-03-2019

Introduction

Medicinal plants are looked upon not only as a source of affordable health care products but also as a source of income. There is a growing demand for plant-based medicines, health products, essential oils, fragrances, cosmetics and natural aroma chemicals in the markets. Cultivation of medicinal and aromatic plants has several advantages such as higher net returns per unit area, low incidence of pests and diseases, improvement of degraded and marginal soils, longer shelf life of end products and foreign exchange earning potential. Intercropping is a multiple cropping system that has been practiced for many years in various methods in most of the regions. It has played important roles in the redistribution of soil nutritional resources and establishment of soil microbial diversity. Legumes have been intercropped with medicinal plants for many years. Land equivalent ratio (LER) is often used as an indicator to determine the efficiency of intercropping. It is the most common index adopted in intercropping to measure the land productivity. The objectives of this study were to determine the effects of black seed (*Nigella sativa* L.) intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in additive series on their yield and yield components and LER.

Materials and Methods

An experiment was performed based on a randomized complete block design with six treatments and three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2015-2016. Intercropping ratios were 25% B (black seed) +100% fenugreek (F), 50% B+100% F, 75% B +100% F, 100% B+100% F and their monoculture. Studied traits were the number of branches per plant, the number of follicles per plant, the number of seeds per follicle, 1000- seed weight, seed yield, biological yield and harvest index for black seed and the number of branches per plant, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, 1000- seed weight, seed yield, biological yield and harvest index for fenugreek. LER was calculated as the criterion for intercropping.

The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) by using Minitab to determine if significant differences existed among treatments means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the LSD test.

Results and Discussion

The results showed that the different intercropping ratios of black seed with fenugreek had significant effect on the number of branches per plant, the number of follicles and pods per plant, the number of seeds per follicle/pod, seed yield and biological yield. The highest and the lowest seed yield of black seed were observed for monoculture and 25% black seed+100% fenugreek with 291 and 107 $kg.ha^{-1}$, respectively. The maximum and the minimum seed yield of fenugreek were related to its monoculture and 100% black seed+100% fenugreek with 655 and 363 $kg.ha^{-1}$, respectively. When the two plants are grown together, yield advantages occur due to their differences to use resources.

LER of the black seed/ fenugreek intercropping system ranged from 1.12 to 1.24, and thus land use efficiency was significantly enhanced by this intercropping system. LER was much higher than one in all of the intercropping ratios, indicating the intercropping yield advantage. The maximum LER was calculated for 75% black seed+100% fenugreek with 1.24.

Conclusions

Fenugreek intercropped with black seed showed a significant increase in yield, yield components and LER. It has been proved that the effects of intercropping by its involvement in improved soil chemical characteristics, increased nitrogen content (nitrogen biological fixation) has greatly contributed to agroecological services. It can be concluded that intercropping of fenugreek with contributed to productivity increases per unit area of black seed.

1- MSc student Student in Agroecology, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Additive series, Land equivalent ratio, Medicinal plant